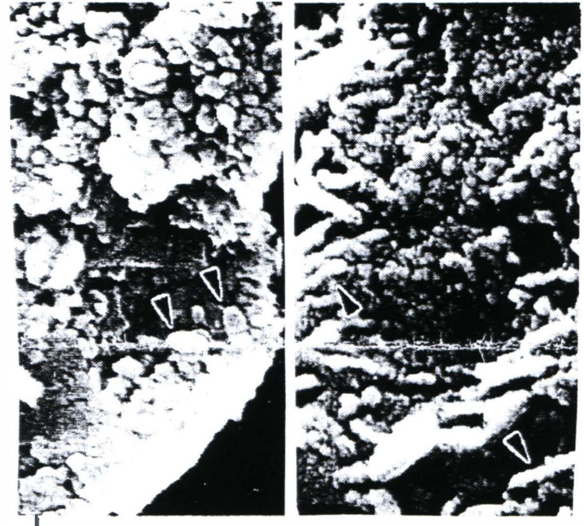
cenap-infoline nr. 43

28. August 1996

Meteorit ALH84001



Die Geschichte einer Suche nach Leben im Weltall, könnte man nachfolgende Skizzierung nennen, welche die letzten "aufregenden Wochen" erbrachten:

Nach 20 Jahren Viking-Marslandung und dem seit dieser Zeit großen Diskussion: "Gab es Leben auf dem Mars", sollten uns die letzten Wochen nur noch so die Sensationen bieten. Klar war nur,daß die Marsoberfläche "selbststerilisierend" ist und mit einer Kombination ungefilterter Sonnen-UV-Strahlung, extremer Trockenheit und stark oxidierender Natur die Entstehung von Leben verhindert.
So lauteten die Meldungen der letzten Monate in wissenschaftlichen Journalen: *Auf dem Mars kann man Meteore sehen / Die Geschichte des Marsvulkanismus simuliert* . Doch ohne Zweifel ist der wichtigste Stein vom Mars: Alan Hills (ALH) 84001. Der vor 10 Jahren in der Antarktis gefundene "SNC"-Meteorit, den man mit einiger Sicherheit dem Mars zuschreiben kann, ist nämlich 4.0 Mrd. Jahre alt, während es die anderen auf maximal 1.3 Mrd. Jahre brachten. Das hohe Alter fällt genau in eine mysteriöse Ära des frühen Sonnensystems, als von vor 4.1.-3.9 Mrd. Jahren große Brocken noch einmal den Mond trafen (Lunar-Cataclysm oder Late Heavy Bombardement). Daß gerade zu dieser Zeit ein Meteorit den Weg zur Erde gefunden hat, könnte bedeuten, daß das "Bombardement" das ganze innere Sonnensystem umfaßte. Für Aufsehen sorgten auch bestimmte Karbonat-Mineralien in ALH 84001, die auf eine Bildung in einer "feuchten" Umgebung und damit eine wässrige Vergangenheit des Mars hinzudeuten schienen. Das wird jetzt wieder in Zweifel gezogen: Die Mineralien könnten auch bei der hohen Temperatur eines Meteoriteneinschlags - auf einem trockenen Mars - durch "Impakt-Metasomatismus" entstanden sein.

Und nicht zuletzt sorgte auch die Meldung aus Rußland für ein Marsfieber: "Mars-96" wird dieses Jahr wirklich starten - so kann man eine bemerkenswerte Kurz-

meldung aus Rußland deuten. Der Start des TV-Satelliten eines US-Unternehmens wurde nämlich verschoben, weil die Proton-Rakete für den internationalen Marsorbiter (mit deutschen Kameras) für den Start am 15.November96 gebraucht wird. Aber auch sind Tests der Instrumente des Mars-Global-Surveyor unter simulierten Start- und Orbit-Bedingungen im Juni96 angelaufen. Der Satellit soll am 6.November96 starten und ab September97 ein Marsjahr lang um den Planeten kreisen.

Ein großes Problem war die Auswahl des Landeorts für den Pathfinder - nach Start am 2.Dezember96 am 4.Juli97 die erste Marslandung seit den Vikings. Die Stelle sollte gleichzeitig wissenschaftlich interessant und nicht zu steinig sein, und mußte in einer niedrigen Region (mit hohem Luftdruck, entscheidend für den Fallschirm) liegen, die Aber gut von der Sonne beschienen wird (für die Solarzellen). Fast der ganze Mars schied schon durch die letzten beiden Kriterien aus, und nur vier kleine Areale waren übriggeblieben! Die Vikings hatten den Vorteil, daß vor dem Absetzen der Lander die Orbitkameras die Kandidatenregionen ausgiebig inspizieren konnten - diesen Luxus hat der Pathfinder nicht, der geradewegs auf den Mars geschossen wird. Neben der Auswertung der Viking-Bilder wurden auch Radarechos ausgewertet, und die Wahl fiel schließlich auf Ares Vallis, ein Kompromiß zwischen wissenschaftlichem Wert und Sicherheit. Rund 20% der Oberfläche dürften von Steinen bedeckt sein, 1% von welchen mit mehr als 50 cm Größe. Aber gerade die Steine sind auch das Reizvolle der Region, ist hier doch eine Auswahl aus den Hochländern angespült worden.

Allan Hills 84001:Ein Stein vom Mars?

Begonnen hatte alles im August 1984, auf einer Antarktis-Expedition, die die National Science Foundation der USA, die NASA und die Smithsonian Institution organisiert hatten. Roberta Score und ihre Kollegen durchstreiften die zerklüfteten Eislandschaften in den küstennahen Allan-Hügeln, als ihr der kartoffelgroße Meteorit aufgefallen war - schon damals war er ihr etwas ungewöhnlich vorgekommen, irgendwie grünlich. Das stellte sich allerdings als optische Täuschung heraus (der Stein war eher grau), und auch der Typ des Meteoriten, der als erstes Fundstück der 84er Expedition die Nummer ALH 84001 erhalten hatte, wurde zunächst als nicht besonders seltener Diagenit katalogisiert. Noch hatte er nichts mit dem Mars, geschweigedem mutmaßlichen Marsbewohnern, zu tun. Aber er wurde besonders sorgfältig von irdischen Einflüssen ferngehalten, weil man sofort erkannte, daß er in der Antarktis im Gegensatz zu vielen anderen Meteoriten so gut wie überhaupt nicht verwittert war. Der größte Teil des Fundes wurde und wird unter extremen Reinraumbedingungen im Johnson Space Center in Houston aufbewahrt: Wer ihn selbst hinter Glas sehen will, muß unter eine Luftdusche und den Ehering ablegen, wie es nun einem Reporter von ABC-News widerfuhr.

Daß überhaupt Meteoriten vom Mars auf die Erde gelangt sein könnten, war in den 80er Jahren immer wahrscheinlicher geworden: Zum einen wies eine exotische Meteoriten-Gruppe, die SNC-Objekte, chemische Parallelen mit der Marsoberfläche auf, zum anderen wurden physikalische Mechanismen entdeckt, die Materie vom Mars zur Erde transportieren konnten. "SNC" steht für Shergottite, Nakh-

lite und Chassigny, drei nach den Fundorten der ersten Objekte benannte Meteoritenklassen, die sich von allen anderen bekannten unterscheiden. Schon Mitte der 70er Jahre war festgestellt worden, daß die Nakhlite mit maximal 1.3 Mrd. Jahren viel jünger als andere Meteoriten waren, und die chemische Zusammensetzung wich auch von ihnen ab: Seltene Erden und andere Elemente hatten eher die Häufigkeiten wie in Gestein von der Erde. Nach und nach schieden fast alle Orte außer dem Mars als Herkunft der SNCs aus, und den Durchbruch brachten kleine, gasgefüllte Hohlräume in den Meteoriten. Die Isotopenverhältnisse von Argon und Xenon entsprachen genau den Werten, die die Viking-Lander für die bodennahe Zusammensetzung der Marsatmosphäre gemessen hatten. Noch zwingender war die Anreicherung des Isotops Stickstoff-15, denn dieselben Anreicherung wurde gleichfalls in der Atmosphäre des Mars gemessen - und niergendwo sonst im Sonnensystem.

Anfang der 90er Jahre begann das Adjektiv "möglich" vor der Bezeichnung der SNCs als Marsmeteoriten zu verschwinden, zumal es jetzt auch einen plausiblen Mechanismus für ihren wohlbehaltenen Transport zur Erde gab. In Laborsimulationen konnte demonstriert werden, daß nach einem Einschlag Material des getroffenen Planeten in einem bestimmten Abstand von Ground Zero auf relativ sanfte Weise beschleunigt wird und dennoch Fluchtgeschwindigkeit erreichen kann. Und in numerischen Simulationen wurden die Bahnen solcher völlig losgelöster Meteoriten von Planetenoberflächen durchgespielt. Sie lassen sich auf ihrer Reise von den Schwerefeldern auch ferner Planeten und Resonanzeffekten beeinflussen und gewinnen eine hohe Wahrscheinlichkeit, auf anderen Planeten niederzugehen. Die Simulationen zeigten beispielsweise, daß Meteoriten vom Mond meist innerhalb von 50000 Jahren die Erde erreichen, während Objekte vom Mars länger brauchen: Ihre Anfangsbahnen kreuzen die der Erde meist noch nicht und müssen sich erst entwickeln. Da kann es einige Jahrmillionen bis zum Fall auf die Erde dauern, aber wer es in den ersten 100 Mio. Jahren nicht geschafft hat, der landet eher in der Sonne oder hinter dem Jupiter. Der andere Weg, von der Erde zum Mars, ist übrigens auch möglich, wenn auch seltener. Und gelegentlich sollte sich auch ein Meteorit vom Merkur auf die Erde verirren, während die Venus als Quelle fast ausscheidet.

Heute sind 12 Mars-Meteoriten bekannt, wobei ALH 84001 erst 1994 dieser Gruppe zugeordnet werden konnte: Er ist in vielfacher Hinsicht ungewöhnlich und insbesondere viel älter als alle anderen SNCs. Die 4.0+0.1 Mrd. Jahre, die dieses Jahr mit der Methode der Argon-Isotopen-Datierung ermittelt worden waren, stellen dabei das sogenannte Schock-Alter dar: Mindestens einmal in seinem bewegten Leben ist der vor rund 4.5 Mrd. Jahren vulkanisch entstandene Brocken heftig gestoßen worden. Bei dem größten Schock-Ereignis hat er all sein Argon eingebüßt, und die radioaktive Uhr wurde zurückgestellt: Heute zeigt der seither erfolgte radioaktive Zerfall genau 4 Mrd. Jahre an. Die Petrographie des Steins zeigt sogar noch Zeichen weiterer Schocks, was nun als Beleg dafür gewertet wird, daß er Zeuge des Großen Bombardements 1/2 Mrd. Jahre nach Entstehung des Sonnensystems wurde, das mithin auch den Mars einbezog. Die Impakte haben dem Stein auf jeden Fall übel mitgespielt: Er ist von zahlreichen Brüchen durchzogen, die nicht erst bei der Landung auf der Erde entstanden sind. Entlang dieser

alten Brüche öffnet sich der Stein unter relativ geringer Kraftaufwendung. Und genau in diesen Spalten sind jene chemischen oder eben biologischen Prozesse abgelaufen, die nun diskutiert werden.

Den Mars verlassen hat ALH 84001 wahrscheinlich erst vor rund 15 Mio. Jahren (und die Erde erreicht vor ca. 13000 Jahren): Es ist himmelsmechanisch höchst unwahrscheinlich, daß er 4 Mrd. Jahre lang unterwegs war, und auch der Kosmischen Strahlung scheint er nur 15 Mrd. Jahre ausgesetzt gewesen zu sein. Auch die kurze Reisezeit macht ihn übrigens zu etwas Besonderen: Die anderen SNCs sind wahrscheinlich alle beim selben Großimpakt auf dem Mars vor ca. 200 Mio. Jahren "gestartet" worden. Zwar stand die marsianische Herkunft von ALH 84001 bei der Diskussion der neuen Funde in seinem Inneren gar nicht zur Debatte und wurde von allen Seiten stillschweigend vorausgesetzt - aber es gibt gerade bei diesem SNC-Objekt durchaus Zweifler! Kürzlich bekanntgewordene Messungen von Kohlenstoffisotopen in mehreren SNCs sollen zu so unerwarteten Resultaten geführt haben, daß es möglich ist, daß 84001 nicht vom Mars, sondern von einem anderen, unbekannten Himmelskörper herstammt!

Eine klare Antwort auf die Herkunft von 84001 verspricht man sich von einem Experiment des MPI für Chemie in Mainz, das sowohl auf dem Minirover des Mars Pathfinder wie einem der Lander der russischen Mars 96-Mission vertreten ist und die Zusammensetzung des Marsgesteins erstmals direkt messen wird; die Vikings konnten seinerzeit nur den Boden und die Atmosphäre analysieren.

Die Karbonat-Globulen von ALH 84001

Was Allan Hills 84001 von allen anderen SNCs unterscheidet, sind die eingeschlossenen Karbonat-Mineralien. Der 1,9 kg Meteorit selbst besteht größtenteils aus zentimetergroßen Orthopyroxen-Körnchen (also $(Mg,Fe)SiO3$); umschlossen ist er von der meteoritenüblichen Fusionskruste. Aber etwa 1% seiner Masse besteht aus Karbonaten, die als feinkörnige,ungefähr kugelförmige Strukturen von 1 - 250 m Durchmesser auftreten und im Lichtmikroskop durch ihre Bernsteinfarbe auffallen; sie bestehen aus Kalzit, Dolomit-Ankerit und Magnesit-Siderit. Diese Karbonat-Globulen gibt es nur bei diesem einen SNC-Meteoriten (in den anderen kommen Karbonate allenfalls in Spuren vor) - sie sind eine Besonderheit in der Meteoritenkunde. Keinesfalls sind sie erst nach der Landung des Meteoriten auf der Erde entstanden, denn mehrere der Globulen weisen eindeutige Schockstrukturen aus, die nicht bei oder nach der Landung entstanden sein können.

Und was sind nun die Indizien, die die Forscher in 2 1/2-jähriger Arbeit in ihrem ALH 84001- Splitter gefunden haben, und sie vor etwa 8 Monaten als Spuren marsianischen Lebens zu deuten begannen?

Die Drei-Argumenten-Kette

Weder US-Präsident Clinton, noch NASA-Chef Goldin, noch Team-Chef McKay ließen am 7.August96 irgendeinen Zweifel aufkommen, daß es einen Beweis für Leben auf dem Mars vor 3.6 Mrd. Jahren (geschweigedenn heute) nicht gibt. "Die Re-

sultate sind nicht zwingend, denn es gibt noch keinen wissenschaftlichen Konsens," stellte Goldin klar: "Wir sind hier nicht vor Gericht, um jenseits allen Zweifels den Beweis anzutreten, daß Leben auf dem Mars existiert hat. Aber wir wollen heute ein wenig die Tür öffnen, um aufregende wissenschaftliche Funde vorzustellen und eine faszinierende Detektivgeschichte zu erzählen." Und das taten dann McKay und seine Mitarbeiter - in einer über einstündigen atemlosen Präsentation auf hohem wissenschaftlichen Niveau, die jeder Fachkonferenz zur Ehre gereicht hätte. Die meisten Aspekte deckten sich mit dem Science-Artikel und hatten damit bereits die erste Hürde wissenschaftlicher Akzeptanz (nämlich die Zustimmung der von der Zeitschrift bestellten externen Gutachter) genommen. Über dieses Papier hinaus ging dagegen die Diaschau mit den REM-Aufnahmen der mutmaßlichen Mikrobenfossilien selbst, die in dem Artikel nur ein Randdasein führen: In ihm enthalten ist lediglich das auf Seite 1 wiedergegebene Bildpaar.

McKay machte klar, daß "unsere Daten vier verschiedene Beweisketten enthalten. Jede dieser Ketten kann auf verschiedene Weise interpretiert werden. Aber wir denken, daß eine vernünftige Interpretation jedes dieser Indizien auf biologische Aktivität auf dem frühen Mars hindeutet" - und alle im Team seien sich darüber inzwischen einig. "Die Beweisketten, die wir entwickeln werden, sind **erstens**, daß der Meteorit vom Mars kam und Kalziumkarbonate enthält, genau wie in Kalkstein, die sich auf dem Mars gebildet haben. Es ist innerhalb dieses Kalziumkarbonats oder in Assoziation mit ihm, wo wir einen Großteil unserer Evidenz sehen. Die Mineralogie und die Chemie der Karbonatglobulen, wie wir sie nennen, ist mit einem biologischen Ursprung verträglich. Das ist unsere **zweite** Beweiskette. Die **dritte** ist, daß der Stein organische Bestandteile enthält, von denen wir glauben, daß sie vom Mars stammen. Und unser **letzter** Teil der Indizien besteht aus Bildern von seltsamen Strukturen in diesem Stein und im Karbonat, von denen wir einige als mikrofossile Lebensformen interpretiert haben, und wir werden sie vorführen. Das ist wohl der kontroverseste Teil unserer Präsentation, aber wir zeigen sie trotzdem..."

Auf der Pressekonferenz und im Internet ließ die McKay-Gruppe eine ganze Galerie erst kürzlich entstandenen REM-Aufnahmen aufmarschieren, von denen manche wirklich verführerisch nach Kleinstlebewesen aussahen. Aber McKay betonte noch einmal: "Wir haben keine unabhängigen Daten, daß das Fossilien sind. Wir haben keine Bilder, die Zellwände zeigen, oder internes Material, das für Zellen charakteristisch wäre." Selbst die größten der Strukturen wie das scheinbar segmentierte Wesen erreichen nicht mehr als 500 mm oder gerade die Wellenlänge sichtbaren Lichts, aber das ist zumindest schon die Größe bestimmter **unterirdischer** Erdbakterien. Die chemische Zusammensetzung der Gebilde trotz ihrer Kleinheit herauszufinden und nachzuweisen, ob sie Zellwände haben oder nicht, sind schwierige Aufgaben für die Zukunft. **Überhaupt waren schon die jetzigen Untersuchungen nur dank des Fortschritts in der Meßtechnik möglich: Noch vor ein paar Jahren wären etliche der entdeckten Phänomene schlicht unbeobachtbar gewesen.**

"Es ist möglich,daß all die beschriebenen Features in ALH 84001 durch anorgani-

sche Prozesse beschrieben werden können," schließen McKay & al. in ihrem Papier, "aber diese Erklärungen scheinen eingeschränkte Bedingungen zu erfordern" - wie sie entweder unwahrscheinlich oder sogar ausgeschlossen zu sein scheinen. "Die Bildung der beschriebenen Features durch organische Aktivität in der Antarktis scheint ebenfalls möglich zu sein, aber eine derartige Aktivität ist gegenwärtig nur schlecht verstanden," heißt es weiter. "Viele der beschriebenen Features jedoch sind eng mit den Karbonatglobulen assoziiert, die (...) wahrscheinlich auf dem Mars entstanden sind, bevor der Meteorit in die Antarktis kam. Mithin wäre die Bildung möglicher organischer Produkte (der Magnetite und Eisensulfide) innerhalb der Globulen schwer zu verstehen, wenn die Karbonate auf dem Mars und die Magnetite und Eisensulfide in der Antarktis entstanden sein sollen. Außerdem würden diese Produkte anaerobe Bakterien erfordern, während das Antarktis-Eis reich an Sauerstoff ist."

Auf der Pressekonferenz wurden abschließend noch zwei Versuche gemacht, die vorgelegte Evidenz zu bewerten. Everett Gibson vom McKay-Team stellte sich selbst 8 Fragen, die sich in der irdischen Paläontologie bewährt haben, um "glaubwürdige Hinweise auf vergangenes Leben in geologischen Proben" zu konstatieren, und die er - Überraschung - alle bejahte. So wird z.B. nach den Überresten von Kolonien gefragt, wo sich die Mikroben vermehrt haben könnten; Die Karbonatglobulen wären ein idealer Lebensraum. Biomineralische Marker sind ebenso vorhanden (die Magnetite etc.) wie organische Biomarker (die PAHs), und es gibt auch Anzeichen für ungewöhnliche aber stabile Kohlenstoffisotopenmuster, die als "Fingerabdrücke" von Leben interpretiert werden könnten. Auch der von Goldin als Skeptiker auf´s Podium geladene Exobiologe William Schopf hatte 7 Kriterien für den Nachweis "antiker" Lebensspuren auf seiner Checkliste und bei den einfachen Punkten keine Probleme - aber bei den entscheidenden Fragen nach der eindeutig biologischen Natur der Indizien blieb er zurückhaltend.

So ist der Fund der PAHs nach seiner Meinung fast wertlos, weil abiotisch entstandene PAHs im Universum schlicht zu verbreitet sind. Und bei den vermeintlichen Mikrofossilien will er erst wissen, was drinnen ist: Eindeutige Hohlräume müßten nachgewiesen werden, das eindeutige Kriterium jedes Lebewesens. Drei konkrete Forderungen stellte er schließlich an McKay und Co.: TEM-Aufnahmen eines Schnittes durch eines der mutmaßlichen Bakterien müssen her, die eine klare Zellenwand zeigen - mit einer Elektronendichte, die auf Kohlenstoff als Baustoff hinweist. Die Größenverteilung der vermeintlichen Organismen sollte sich deutlich von der des umgebenden mineralischen Materials unterscheiden. Und eine Zelle, die versteinert wurde, als sie sich gerade teilte, will Schopf auch sehen: "Ich möchte den Lebenszyklus dieses fossilienartigen Organismus verstehen" - wenn es nicht doch "Foolers, fossilienähnliche mineralische Artefakte sind, für die er die Strukturen bis zum Beweis des Gegenteils ansehen will. (Skyweek 28,30+31)

cenap-infoline ist eine aktuelle Zusatzinformation zum CENAP-Report welches eigenständig,das aktuellste internationale Infoblatt der UFO-Szene darstellt.Die Erscheinungsweise ist 3-wöchentlich geplant,wird jedoch Gegebenenfalls in kürzeren Zeitabständen erscheinen.Verantwortlich im Sinne des Pressegesetz (§8) ist Hansjürgen Köhler,Limbacherstr.6,D-68259 Mannheim.Aus Kostengründen kann der Bezug nur über Abonnement erfolgen! Interessenten werden gebeten den Betrag von DM 30,-- mit dem Hinweis 1 ci-abo auf nachfolgende Konto zu überweisen und eine Fotokopie der Überweisung der schriftlichen Bestellung beizufügen oder nur Verrechnungsscheck zusenden.Bitte mit genauer Absenderangabe!

Sparkasse Mannheim,Konto Nr.7810906 - BLZ 67050101